

PAT-NO: JP407307640A

DOCUMENT-IDENTIFIER: JP 07307640 A

TITLE: SURFACE ACOUSTIC WAVE DEVICE

PUBN-DATE: November 21, 1995

INVENTOR-INFORMATION:

NAME

MINEYOSHI, SEIJI

KAWAUCHI, OSAMU

SATO, YOSHIO

IGATA, OSAMU

INT-CL (IPC): H03H009/25, H03H009/145

ABSTRACT:

PURPOSE: To adjust a frequency difference for surface acoustic waves to an appropriate value by providing a difference in the electrode finger widths of a read screen-shaped driving electrode and a reflector while keeping the grating cycles of the driving electrode and the reflector equal.

CONSTITUTION: In this surface acoustic wave device 10, while keeping the film thickness of the electrodes and the grating cycles L7 and L8 of respective parts 12 and 13 equal, the difference is provided in the electrode finger widths L5 and L6 of the respective parts 12 and 13. That is, by making the ratios of the grating cycles L7 and L8 and the electrode finger widths L5 and L6 different between the respective parts 12 and 13, a mass adding effect is improved and adjustment for the propagation speed of the surface acoustic waves in the respective parts 12 and 13 is made possible. In such a manner, the frequency difference in the respective parts of the electrode 12 and the reflector 13 is easily obtained and spurious generation in the surface acoustic wave device 10 and the increase of bulk wave radiation can be reduced. As a result, containment efficiency is improved while suppressing energy loss as much as possible for surface waves and performance as a resonator is improved.

COPYRIGHT: (C)1995,JPO

----- KWIC -----

Abstract Text - FPAR (1):

PURPOSE: To adjust a frequency difference for surface acoustic waves to an appropriate value by providing a difference in the electrode finger widths of a read screen-shaped driving electrode and a reflector while keeping the grating cycles of the driving electrode and the reflector equal.

Abstract Text - FPAR (2):

CONSTITUTION: In this surface acoustic wave device 10, while keeping the film thickness of the electrodes and the grating cycles L7 and L8 of respective parts 12 and 13 equal, the difference is provided in the electrode finger widths L5 and L6 of the respective parts 12 and 13. That is, by making the ratios of the grating cycles L7 and L8 and the electrode finger widths L5 and L6 different between the respective parts 12 and 13, a mass adding effect is improved and adjustment for the propagation speed of the surface acoustic waves in the respective parts 12 and 13 is made possible. In such a manner, the frequency difference in the respective parts of the electrode 12 and the reflector 13 is easily obtained and spurious generation in the surface acoustic wave device 10 and the increase of bulk wave radiation can be reduced. As a result, containment efficiency is improved while suppressing energy loss as much as possible for surface waves and performance as a resonator is improved.

Title of Patent Publication - TTL (1):

SURFACE ACOUSTIC WAVE DEVICE

(19)日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平7-307640

(43)公開日 平成7年(1995)11月21日

(51)Int.Cl.*

H 03 H
9/25
9/145

識別記号

Z 7259-5 J
Z 7259-5 J

F I

技術表示箇所

審査請求 未請求 請求項の数15 O.L (全14頁)

(21)出願番号

特願平6-308487

(22)出願日

平成6年(1994)12月13日

(31)優先権主張番号

特願平6-46707

(32)優先日

平6(1994)3月17日

(33)優先権主張国

日本 (JP)

(71)出願人

000005223

富士通株式会社

神奈川県川崎市中原区上小田中1015番地

(72)発明者

峰吉 賦司

神奈川県川崎市中原区上小田中1015番地

富士通株式会社内

(72)発明者

川内 治

神奈川県川崎市中原区上小田中1015番地

富士通株式会社内

(72)発明者

佐藤 良夫

神奈川県川崎市中原区上小田中1015番地

富士通株式会社内

(74)代理人

弁理士 大曾 義之 (外1名)

最終頁に続く

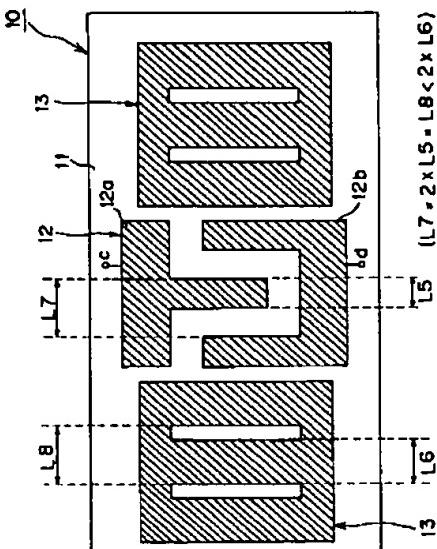
(54)【発明の名称】 弹性表面波デバイス

(57)【要約】

【目的】 本発明は、弹性表面波デバイスに関し、スプリアスの発生やバルク波放射の増大を極力抑えて、デバイスとしての性能を向上させることを目的とする。

【構成】 圧電性単結晶基板11表面にすだれ状駆動電極12を形成し、該すだれ状駆動電極12の両側に反射器13を形成する。該構成において、すだれ状駆動電極12のグレーティング周期L7と反射器13のグレーティング周期L8を等しくし、反射器13の電極指幅L6をすだれ状駆動電極12の電極指幅L5よりも広く形成する。

オ1の実施例による表面弹性波デバイスの外観図



1

2

【特許請求の範囲】

【請求項1】圧電性基板と、前記圧電性基板の表面に配設されたすだれ状駆動電極と、前記圧電性基板の表面に前記すだれ状駆動電極の両側に対向して配設された反射器とを備えた弾性表面波デバイスにおいて、

$$\alpha \cdot L_5 = L_6$$

$$L_7 = L_8$$

但し、 α ：係数 ($\neq 1$)

L_5 ：すだれ状駆動電極の電極指幅

L_6 ：反射器の電極指幅

L_7 ：すだれ状駆動電極のグレーティング周期

L_8 ：反射器のグレーティング周期

の関係を満たすことを特徴とする弾性表面波デバイス。

【請求項2】前記 α の値は、 $1 < \alpha$ であることを特徴とする請求項1記載の弾性表面波デバイス。

【請求項3】前記 α の値は、 $\alpha \leq 1.5$ であることを特徴とする請求項1記載の弾性表面波デバイス。

【請求項4】前記 α の値は、 $1 < \alpha \leq 1.5$ であることを特徴とする請求項1記載の弾性表面波デバイス。

【請求項5】圧電性基板と、前記圧電性基板の表面に配設されたすだれ状駆動電極と、前記圧電性基板の表面に前記すだれ状駆動電極の両側に対向して配設された反射器とを備えた弾性表面波デバイスにおいて、

$$L_5/L_7 < L_6/L_8$$

但し、 L_5 ：すだれ状駆動電極の電極指幅

L_6 ：反射器の電極指幅

L_7 ：すだれ状駆動電極のグレーティング周期

L_8 ：反射器のグレーティング周期

の関係を満たすことを特徴とする弾性表面波デバイス。

【請求項6】圧電性基板と、前記圧電性基板の表面に配設されたすだれ状駆動電極と、前記圧電性基板の表面に前記すだれ状駆動電極の両側に対向して配設された反射器とを備えた弾性表面波デバイスにおいて、

$$\alpha \cdot L_5 = L_6$$

$$L_7 = L_8$$

$$L_6 \neq L_8 - L_6$$

但し、 α ：係数 ($\neq 1$)

L_5 ：すだれ状駆動電極の電極指幅

L_6 ：反射器の電極指幅

L_7 ：すだれ状駆動電極のグレーティング周期

L_8 ：反射器のグレーティング周期

の関係を満たすことを特徴とする弾性表面波デバイス。

【請求項7】圧電性基板と、前記圧電性基板の表面に配設されたすだれ状駆動電極と、前記圧電性基板の表面に前記すだれ状駆動電極の両側に対向して配設された反射器とを備えた弾性表面波デバイスにおいて、

$$\alpha \cdot L_5 = L_6$$

$$L_7 = L_8$$

$$L_5 \neq L_7 - L_5$$

但し、 α ：係数 ($\neq 1$)

$$10 \quad \alpha \cdot L_5 = L_6$$

$$L_7 = L_8$$

$$L_6 \neq L_8 - L_6$$

$$L_5 \neq L_7 - L_5$$

但し、 α ：係数 ($\neq 1$)

L_5 ：すだれ状駆動電極の電極指幅

L_6 ：反射器の電極指幅

L_7 ：すだれ状駆動電極のグレーティング周期

L_8 ：反射器のグレーティング周期

の関係を満たすことを特徴とする弾性表面波デバイス。

20 【請求項9】前記 α の値は、 $\alpha < 1$ であることを特徴とする請求項6、7、または8記載の弾性表面波デバイス。

【請求項10】前記 α の値は、 $0.2 \leq \alpha$ であることを特徴とする請求項6、7、または8記載の弾性表面波デバイス。

【請求項11】前記 α の値は、 $0.2 \leq \alpha < 1$ であることを特徴とする請求項6、7、または8記載の弾性表面波デバイス。

【請求項12】前記反射器の各電極の L_6/L_8 の値は、一定となっていないことを特徴とする弾性表面波デバイス。

【請求項13】前記 L_6/L_8 の値は、前記すだれ状駆動電極側からその反対側に向かって順次増加することを特徴とする請求項12記載の弾性表面波デバイス。

【請求項14】前記 L_6/L_8 の値は、前記すだれ状駆動電極側からその反対側に向かって順次減少することを特徴とする請求項12記載の弾性表面波デバイス。

【請求項15】請求項1、5、6、7、または8記載の弾性表面波デバイスを同一の圧電性基板上にラダー型に接続して形設したことを特徴とする弾性表面波デバイス。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、共振器、狭帯域フィルタ、共振型フィルタ、または発振子等のデバイスとして用いられる弾性表面波デバイスに関する。

【0002】

【従来の技術】近年、携帯電話やコードレス電話等は、小型、軽量化が進み、急速に普及している。このような

50 携帯電話には、無線信号を処理するための小型で低損

失、さらに減衰特性の優れた高性能なフィルタが求められ、該フィルタには、弹性表面波デバイス（共振器）が広く用いられている。弹性表面波（SAW: Surface Acoustic Wave）は、圧電性をもつ单結晶やセラミック等の基板に電界を印加することにより励振される、該基板の表面から1波長以内の深さに90パーセント以上のエネルギーが集中して伝播する波である。

【0003】弹性表面波デバイスにより構成したフィルタは、固体の内部を伝播するバルク波と比較すると、信号を伝播路上の任意の場所から取り出すこと（タッピング）ができる、また、伝播特性を容易に制御できるといった弹性表面波の利点を利用している。また、LC回路や空洞共振器と比較すると、非常に高いQを持たせることができるという利点がある。

【0004】図12は、従来の弹性表面波デバイス（弹性表面波共振器）1の模式的な表面外観図である。図示の如く、弹性表面波デバイス1は、圧電性单結晶基板2表面に、すだれ状駆動電極（IDT: Inter-Digital Transducer）3と、該すだれ状駆動電極3の両側に配置された反射器4とにより構成されている。反射器4は、ショートストリップ型反射器である。すだれ状駆動電極3は、互いに対向して配置された2つの樹形形状の樹形駆動電極3a、3bとからなり、樹形駆動電極3aと樹形駆動電極3bの各電極指3cは、互いに交互に差し挟まれた状態で形成されている。

【0005】上記構成の弹性表面波デバイス1において、すだれ状駆動電極3により励起される弹性表面波の波長入と電極間距離l3の間には、

$$l_3 = \lambda / 2$$

但し、一般には、 $l_3 = \lambda / 2 + n\lambda$ ($n = 0, 1, 2, \dots$) の関係がある。また、上記弹性表面波の伝播速度 v_s はこの弹性表面波デバイス1の中心周波数を f_0 とすると、 $v_s = f_0 \cdot \lambda$ となる。また、これにより中心周波数 f_0 は、

$$f_0 = v_s / 2 \cdot l_3$$

但し、 v_s は弹性表面波の伝播速度と表される。

【0006】図13は、弹性表面波デバイス1の共振特性を示す図であり、図中、 Δf は通過帯域幅である。弹性表面波デバイス1は、すだれ状駆動電極3の電極間距離l3を制御することにより、弹性表面波の波長入、即ち中心周波数 f_0 を制御できる。また、すだれ状駆動電極3の電極対数（対となっている電極指3cの数）の増減により、通過帯域幅 Δf を制御できる。尚、通過帯域幅 Δf は、電極対数が増加するにつれて狭くなる。

【0007】反射器4の電極間距離l4は、すだれ状駆動電極3で励起された波長入の弹性表面波を反射させて定在波を発生させるために、すだれ状駆動電極3の電極間距離l3と等しくなっている。また、樹形駆動電極3a、3bの電極指幅l1は該電極間距離l3の1/2、反射器4の電極指幅l2は電極間距離l4の1/2とな

っている。これらの電極間距離l3、l4については、これ以降、現在一般的に用いられているグレーティング周期という用語で表現する。

【0008】また、図12においてグレーティング周期l3、l4は、各々隣合う電極指3c、4cの端から端の距離として示しているが、正確には、グレーティング周期の定義は隣合う電極指3c、4cの中心間の距離である。グレーティング周期を図12のように示したのは、このグレーティング周期l3、l4と電極指幅l1、l2の関係をより明確にするためである。

【0009】弹性表面波デバイス1は、すだれ状駆動電極3で励振される弹性表面波を反射器4により反射させ、弹性表面波デバイス1内に該弹性表面波を閉じ込めるにより共振特性を得るような構造となっており、上述したようにその通過帯域幅 Δf は、電極対数が増加するにつれて狭くなる。また、弹性表面波を励振するための入力信号が入力される入力端子aは樹形駆動電極3aに接続され、上記通過帯域幅 Δf 内の周波数の電気信号を取り出すための出力端子bは、他方の樹形駆動電極3bに接続される。従って、入力端子aに入力される電気信号の内、中心周波数 f_0 を中心とする通過帯域幅 Δf 内の成分のみが出力端子bから出力されることになる。

【0010】前述したように弹性表面波デバイス1は、すだれ状駆動電極3と反射器4との間での弹性表面波の周波数差を利用し、すだれ状駆動電極3において弹性表面波の振幅が大きくなるようにエネルギーを封じ込めているが、この周波数差は上記したすだれ状駆動電極3と反射器4の各部での弹性表面波の伝播速度の差によって生じている。このように、すだれ状駆動電極3と反射器4とで弹性表面波の伝播速度が異なる要因としては、以下のようなものがある。

【0011】すなわち、反射器4は、弹性表面波の $\Delta V/V$ 導波路となっている。 $\Delta V/V$ 導波路は、一定間隔に設けられたストリップからなる導体膜を圧電基板上に付けたものであり、その表面を電気的に短絡すると、弹性表面波の伝播速度Vが ΔV だけ低下する電界短絡効果を有している。

【0012】すだれ状駆動電極3は、入力部（樹形駆動電極3a）と出力部（樹形駆動電極3b）とに分離されており、電気的短絡が反射器4よりも小さくなっている。このため、すだれ状駆動電極3における電界短絡効果が反射器4におけるそれよりも小さくなる。これにより、すだれ状駆動電極3と反射器4とで弹性表面波の伝播速度に差が生じ、すだれ状駆動電極3における弹性表面波の伝播速度 v_d が反射器4における弹性表面波の伝播速度 v_s よりも大きくなると考えられる。圧電性单結晶基板2の自由表面における弹性表面波の伝播速度は、すだれ状駆動電極3、反射器4の各部における伝播速度よりも大きいが、これも上記電界短絡効果を裏付けてい

るものと考えられる。

【0013】

【発明が解決しようとする課題】図12に示す従来の弾性表面波デバイス1の問題点について説明する。上述したように、弾性表面波デバイス1は、すだれ状駆動電極3と反射器4との間での弾性表面波の周波数差を利用し、すだれ状駆動電極3において弾性表面波の振幅が大きくなるようにエネルギーを封じ込めるものである。従って、これら各部を伝播する弾性表面波の間に周波数差が無い場合や、該周波数差が適切でない場合は、エネルギーロスが大きくなり、デバイス(共振器)としての性能が低下することになる。

【0014】すだれ状駆動電極3と反射器4の各部における弾性表面波の周波数は、該弾性表面波の伝播速度をその波長入で割った値である。上述したようにすだれ状駆動電極3と反射器4における波長入は、各々グレーティング周期L3、L4で決まる。すだれ状駆動電極3と反射器4における弾性表面波の伝播速度は上述したように異なるが、この伝播速度の差は、圧電性単結晶基板2の材質や利用する周波数帯等の各種条件によっても変化する。このため、すだれ状駆動電極3と反射器4との弾性表面波の間に適切な周波数差をもたせるように制御することは非常に困難なものとなっている。

【0015】各部における周波数差を調整する方法として、例えば、すだれ状駆動電極3及び反射器4の各部のグレーティング周期L3、L4に差を持たせる(即ち、図12においてL3≠L4とする)方法や、上記各部3、4の膜厚を変える方法があるが、これらの方法には、以下に述べる問題点がある。

【0016】各部のグレーティング周期L3、L4に差を持たせると、各部間における弾性表面波の伝播上の不整合をもたらし、これにより、スプリアスの発生が増大するという問題点や、弾性表面波からバルク波へのモード変換が促進されてバルク波放射の増大を招き、エネルギーのロスが大きくなり、エネルギー封じ込めの効率が低下するという問題点がある。スプリアス発生の増大は、エネルギーをロスすると共に、带域幅を狭くする原因にもなる。

【0017】弾性表面波の伝播速度は、すだれ状駆動電極3と反射器4の電極の膜厚hによっても変化し、膜厚hが厚くなる程伝播速度が遅くなる関係(質量負荷効果)がある。これをを利用して、各部3、4の膜厚を異ならせることにより、該各部3、4での弾性表面波の周波数に差を持たせる方法も試みられている。しかしながら、この方法では、製造上の工程が増加し、作業が煩雑になり、製造時間も増加するのでコストが高くなるといった問題点があった。

【0018】ところで、弾性表面波デバイス1のスプリアスは、反射器4において弾性表面波の一部が表面集中形SH波(SSBW:Surface Skimming Bulk Wave)に

変換されるモード変換によっても発生することが知られている。

【0019】このSSBWは、自由表面と短絡表面とでの伝播速度が変化しないという性質がある。また、弾性表面波とSSBWの伝播速度の差は小さいため、SSBWが共振周波数付近に乗り、共振器としての特性に悪影響を及ぼすことが知られている。このため、従来においては各部3、4の膜厚hを厚くし、弾性表面波の伝播速度を遅くすることで、SSBWと弾性表面波との間の伝播速度の差を大きくさせてこのモード変換による影響を低減させていた。しかし、各部3、4の膜厚hを厚くすると、膜の信頼性や製膜安定度が低下するという問題点や、各部3、4の形成に要する作業時間が長くなる等の問題が発生する。

【0020】更に、膜厚hが厚くなると、膜厚hのバラツキが大きくなり易く、また、エッチングの際に各電極の形状が均一にならなくなるという製造上の問題も発生し易くなる。このため、弾性表面波の伝播速度、グレーティング周期等にバラツキが生じ、中心周波数f₀の精度といった周波数安定度を低下させるという問題点も発生する。

【0021】弾性表面波デバイス1においては、弾性表面波からSSBWへのモード変換が高くなると、スプリアスの発生が増大すると共に、エネルギーの封じ込め効率が低下するので、該モード変換を低減させることが課題となっていた。

【0022】本発明は、上記問題点に鑑みてなされたもので、弾性表面波デバイスにおいて、スプリアスの発生やバルク波放射の増大を極力抑えつつ、デバイスのエネルギーの封じ込めの効率を向上させ、デバイスとしての性能を向上させることを目的とする。

【0023】

【課題を解決するための手段】本発明は、圧電性単結晶基板と、圧電性単結晶基板の表面に配設されたすだれ状駆動電極と、圧電性単結晶基板の表面にすだれ状駆動電極の両側に対向して配設された反射器とを備えた弾性表面波デバイスを前提とする。

【0024】該弾性表面波デバイスにおいて、
L5: すだれ状駆動電極の電極指幅

L6: 反射器の電極指幅

L7: すだれ状駆動電極のグレーティング周期

L8: 反射器のグレーティング周期

と定義した場合、以下のようないくつかの関係を満たすように、すだれ状駆動電極と反射器が形成される。

【0025】先ず、第1の態様の弾性表面波デバイスは、

$$\alpha \cdot L5 = L6$$

$$L7 = L8$$

但し、 α :係数 ($\neq 1$)

の関係を満たしている。

【0026】なお、上記の第1の態様において、 α の値は、 $1 < \alpha$ であることが望ましく、また、 $\alpha \leq 1.5$ であることが望ましい。また、より好ましくは α の値は、 $1 < \alpha \leq 1.5$ であることが望ましい。

【0027】また、第2の態様の弾性表面波デバイスは、

$$L_5/L_7 < L_6/L_8$$

の関係を満たしている。

【0028】また、第3の態様の弾性表面波デバイスは、

$$\alpha \cdot L_5 = L_6$$

$$L_7 = L_8$$

$$L_6 \neq L_8 - L_6$$

の関係を満たしている。

【0029】また、第4の態様の弾性表面波デバイスは、

$$\alpha \cdot L_5 = L_6$$

$$L_7 = L_8$$

$$L_5 \neq L_7 - L_5$$

の関係を満たしている。

【0030】また、第5の態様の弾性表面波デバイスは、

$$\alpha \cdot L_5 = L_6$$

$$L_7 = L_8$$

$$L_6 \neq L_8 - L_6$$

$$L_5 \neq L_7 - L_5$$

の関係を満たしている。

【0031】なお、上記の第3～第5の態様の発明において、 α の値は、 $\alpha < 1$ であることが望ましく、また、 α の値は、 $0.2 \leq \alpha$ であることが望ましい。また、より好ましくは、 α の値は、 $0.2 \leq \alpha < 1$ であることが望ましい。

【0032】また、第3～第5の態様の弾性表面波デバイスは、 L_6/L_8 の値を一定となっていないことが望ましい。好ましくは、 L_6/L_8 の値は、すだれ状駆動電極側からその反対側に向かって順次増加、或いは、すだれ状駆動電極側からその反対側に向かって順次減少することが望ましい。

【0033】また、第6の態様の弾性表面波デバイスは、上記した第1～第5の態様の弾性表面波デバイスを同一の圧電性基板上にラダー型に接続して形設されている。

【0034】

【作用】本発明の弾性表面波デバイスは、すだれ状駆動電極のグレーティング周期 L_7 と電極指幅 L_5 の比率と、反射器のグレーティング周期 L_8 と電極指幅 L_6 の比率とが異なるように形成される。これにより、すだれ状駆動電極のグレーティング周期 L_7 と反射器のグレーティング周期 L_8 を等しくしたまま、すだれ状駆動電極の電極指幅 L_5 と反射器の電極指幅 L_6 を互いに異な

らせることにより、すだれ状駆動電極と反射器での弾性表面波の周波数差が該弾性表面波のエネルギー封じ込めが効率良くなるような適切な値に調節することが可能となる。また、スプリアスの発生やバルク波放射の増大が抑止されるので、挿入損失の低減等の効果が得られる。

【0035】また、本発明の弾性表面波デバイスは、すだれ状駆動電極のグレーティング周期 L_7 と反射器のグレーティング周期 L_8 を等しくしたままで、反射器、または反射器とすだれ状駆動電極の電極指幅を変化させる

10 ことにより、弾性表面波からSSBWへのモード変換を抑止すると共に、反射器におけるSSBWの反射係数を減少させることにより、スプリアスの発生を低減させる。これにより、弾性表面波のエネルギー封じ込め効率を向上させることができる。

【0036】さらに、上記弾性表面波デバイスを圧電性単結晶基板上にラダー形に接続して形設することにより、小型で低損失、高性能なフィルタが得られる。

【0037】

【実施例】以下、本発明の実施例について、図面を参照
20 して詳細に説明する。図1は、本発明の第1の実施例である弾性表面波デバイス（共振器）10の模式的な表面外観図である。

【0038】図1に示す如く、弾性表面波デバイス10は、圧電性単結晶基板11の表面に、すだれ状駆動電極12が形成され、該すだれ状駆動電極12の両側に反射器13とが形成された構成となっている。反射器13は、ショートストリップ型反射器である。すだれ状駆動電極12は、樹形の形状をした2つの樹形駆動電極12a、12bとからなり、樹形駆動電極12aの電極指と樹形駆動電極12bの電極指とが交互に噛み合わされて形成されている。

【0039】また、弾性表面波を励振するための入力信号が入力される入力端子cは、一方の樹形駆動電極（入力樹形駆動電極）12aに接続され、通過帯域幅 Δf 内の周波数の電気信号を取り出すための出力端子dは、他方の樹形駆動電極（出力樹形駆動電極）12bに接続されている。従って、入力端子cに入力される電気信号の内、中心周波数 f_0 を中心とする通過帯域幅 Δf 内の成分のみが出力端子dから出力されることになる。すなわち、この弾性表面波デバイス10は、共振器として昨日する。

【0040】また、図1においてグレーティング周期 L_7 、 L_8 は、図1と同様に、上記兩樹形駆動電極12a、12bの互いに隣合う電極指の端から端の距離として示しているが、これはグレーティング周期 L_7 、 L_8 と電極指幅 L_5 、 L_6 との関係をより明確にするためである。また、図1において、すだれ状駆動電極12と反射器13の隣合う電極指の中心間の距離は、グレーティング周期 L_7 、 L_8 と等しいものである。

50 【0041】上記の構成において、本実施例では、グレ

ーティング周期L7とグレーティング周期L8を等しくし、また、すだれ状駆動電極12と反射器13の材質並びに膜厚hを等しくしている。このような条件の下で、電極指幅L5、L6を変えてすだれ状駆動電極12と反射器13のそれぞれの部分を伝播している弾性表面波の周波数を測定する各種の実験を行った。圧電性単結晶基板11はLiTaO₃（自由表面での弾性表面波の伝播速度は約4000m/sである）、すだれ状駆動電極12、及び反射器13にはアルミニウムを用いた。また、各部12、13の電極の膜厚hは、h/λ（λ：弾性表面波の波長）が約8パーセントとなるように形成した。

【0042】先ず、L7=L8=2.000μm、L5=1.000μmとし、且つL6>L5とした条件下でL6のみを変えて実験を重ねたところ、L6の値が1.026μm付近で特に高いエネルギー封じ込めの効率が得られた。このとき、各部における弾性表面波の周波数f_d、f_rは、すだれ状駆動電極12は952.15MHz（=f_d）、反射器13は949.19MHz（=f_r）である。

【0043】従って、この実験結果により得られたすだれ状駆動電極12と反射器13との間の弾性表面波の周波数差Df（MHz）は、

$$\begin{aligned} Df &= f_d - f_r \\ &= 952.15 - 949.19 \\ &= 2.96 \end{aligned}$$

であり、その周波数差の比率Dfr（パーセント）は、
Dfr=Df·100/f_d
=296/952.15
=0.311

となる。一方、反射器13の電極指幅L6とすだれ状駆動電極12の電極指幅L5の比率α（=L6/L5）の値は約1.026（=1.026/1.000）であり、また、L5/L7（=0.5）<L6/L8（=0.513）である。

【0044】次に、L7=L8=2.000μm、L6=1.000μmとし、且つL6>L5とする条件下でL5のみを変えて実験を重ねたところ、L5の値が0.981μm付近で特に高いエネルギー封じ込めの効率が得られた。このとき、各部における弾性表面波の周波数は、すだれ状駆動電極12は954.28MHz（=f_d）、反射器13は周波数f_r=952.15MHz（=f_r）である。

【0045】従って、この実験結果における各部の周波数差Df（MHz）は、

$$\begin{aligned} Df &= f_d - f_r \\ &= 954.28 - 952.15 \\ &= 2.13 \end{aligned}$$

であり、その周波数差の比率Dfr（パーセント）は、
Dfr=Df·100/f_d
=213/954.28

=0.223

となる。一方、電極指幅L6と電極指幅L5の比率αの値は約1.019（=1.000/0.981）であり、また、L5/L7（=0.491）<L6/L8（=0.5）である。

【0046】上記した実験結果から、グレーティング周期であるL7とL8を等しくさせた条件下において、すだれ状駆動電極12の電極指幅L5と反射器13の電極指幅L6との間に差をもたせることによって、すだれ状駆動電極部12部と反射器13部における弾性表面波の周波数差Df（比率Dfr）を制御することができ、その周波数差Df（比率Dfr）を適正な値に調整できることがわかった。

【0047】弾性表面波の周波数をf、弾性表面波の伝播速度をv、弾性表面波の波長をλとすると、これらの間にv=f·λの関係があり、この波長λは、前述したようにすだれ状駆動電極12、反射器13の各部におけるグレーティング周期（L7、L8）によって決まる。第1の実施例では、これらのグレーティング周期を等しく（L7=L8）している。従って、本実施例における各部12、13間の弾性表面波の周波数差Df（比率Dfr）の調節は、各部12、13間での弾性表面波の伝播速度を調節することによってもたらされている。

【0048】弾性表面波デバイス10における弾性表面波の伝播速度は、前述した質量負荷効果により、膜厚（すだれ状駆動電極12、反射器13）が厚くなるほど低下する。従来、L7=L8とする条件の下で、すだれ状駆動電極12と反射器13の膜厚を互いに異ならせ、本実施例と同様に質量負荷効果を利用して各部12、13における弾性表面波の伝播速度を制御することにより、すだれ状駆動電極12と反射器13の間の弾性表面波の周波数差Df（比率Dfr）を適正な値に調節している方法も行われていた。しかし、この方法では、すだれ状駆動電極12と反射器13のパターン（電極）を形成するために、2種類のマスクパターンが必要になる。また、少なくとも二度パターン形成工程が必要となるので、作業が煩雑になるとともに、作業時間が長くなり、製造コストが高くなるという欠点があった。

【0049】これに対し、本実施例は、各部12、13の電極の膜厚h、及びグレーティング周期L7、L8を等しくしたままで、各部12、13の電極指幅L5、L6に差をもたせる（L5≠L6）、換言すれば、各部12、13間でグレーティング周期L7、L8と電極指幅L5、L6との比率を異ならせることによって（L5/L7≠L6/L8）質量付加効果を利用し、各部12、13における弾性表面波の伝播速度を調節するものである。

【0050】従って、本実施例では上記した従来の方法とは異なり、各部12、13の電極の膜厚hを等しくできないので、各部12、13のパターン形成を一工程で形

11

成することができる。従って、上述した従来の方法の問題点を回避しながら、各部12、13における弾性表面波の伝播速度を容易に調節することができる。このため、すだれ状駆動電極12と反射器13の各部での弾性表面波に適切な周波数差をもたせることも容易になり、弾性表面波デバイス10においてスプリアスの発生と共に、バルク波放射の増大を低減させることができるとなる。この結果として、弾性表面波はエネルギーを極力抑えながら効率良く閉じ込められることとなり、共振器としての性能を向上させることができる。

【0051】なお、一般に弾性表面波デバイスにおいて設定可能な h/λ の値にはデバイスの性能を一定以上に保つために膜厚 h が制限されることから限度があり、8パーセントがほぼ上限に近い値であることが知られている。

【0052】ここで、本実施例の効果を明確にするため、 $L_7=L_8$ 、且つ $L_5=L_6$ となっている従来の弾性表面波デバイスについて、すだれ状駆動電極12と反射器13の間の周波数差を測定した実験結果を次に説明する。この実験においても圧電単結晶基板11として L_iTaO_3 、すだれ状駆動電極12、及び反射器13はアルミニウムを用いている。

【0053】この従来の弾性表面波デバイスを用いた実験では、すだれ状駆動電極12と反射器13の膜厚 h と弾性表面波の波長 λ の関係として h/λ を約8パーセントとしたとき、すだれ状駆動電極12の周波数 f_d として923.0MHz、反射器13の周波数 f_r として920.4MHzが得られた。従って、この場合の周波数差 Df は2.6MHz、周波数差の比率 Dfr は約0.282パーセントである。ここで、 h/λ の値を8パーセントとしたのは、各部12、13間の周波数差 Df は h/λ の値と相関関係（これにより調節できる周波数差は小さい）があることが知られており、 h/λ の値の増加に伴って周波数差 Df は広がる傾向があるためである。また、 h/λ が8パーセントである従来の弾性表面波デバイスの周波数差の比率 Dfr の上限は、上記実験結果から約0.3パーセントと推定される。

【0054】本実施例において、約0.3パーセントの周波数差の比率 Dfr を得るための条件を実験により求めたところ、 $h/\lambda=1$ パーセントのとき、電極指幅 L_6 を電極指幅 L_5 の約1.5($=\alpha$)倍とした場合に、0.3パーセントの周波数差の比率 Dfr が得られることが分かった。

【0055】この本実施例での実験結果と前述した従来の弾性表面波デバイスの実験結果とを比較すると、本実施例では h/λ が小さな値、即ち膜厚 h が薄くとも周波数差の比率 Dfr を大きくできることがわかる（従来の弾性表面波デバイスでは h/λ を約8パーセントとしても Dfr が約0.282パーセントとしかならない）。このことから明らかなように、本実施例が各部12、13間の周波数差の比率 Dfr （周波数差 Df ）を調節する、即ち各部12、13の弾性表面波の伝播速度を調節する上で優れた効果を有することがわかる。

【0056】上記実施例では、圧電性単結晶基板11に L_iTaO_3 、すだれ状駆動電極12及び反射器13にアルミニウムを用いたが、圧電性単結晶基板11としては、上記以外に水晶、各種圧電セラミックを始め、 L_iNbO_3 、 $B_{12}SiO_{20}$ 、 $L_iB_4O_7$ 等を用いるようにしても良い。また、すだれ状駆動電極12、反射器13の材料としてもアルミニウムの他に、アルミニウムに銅を混入させたものなど他の電極材料を用いても良い。

【0057】また、前述した圧電性単結晶基板11に用いられる圧電性材料の中には、すだれ状駆動電極12と反射器13で弾性表面波の伝播速度に差がほとんどないものがある。従って、このような圧電性材料では、 $L_7=L_8$ 、且つ各部12、13の膜厚 h を等しくさせた従来の弾性表面波デバイスでは弾性表面波のエネルギーの封じ込め効率が高い効率の良い共振器を得ることができないが、本実施例では、このような場合にも L_6/L_5 の値を調整することによって、すだれ状駆動電極12と反射器13の間で、弾性表面波の伝播速度に適切な差をもたせることができるので、性能が良い共振器を作成することができる。

【0058】即ち本実施例は、圧電性単結晶基板11に用いられる材料を特定するものではなく、デバイスの用途や所要特性に応じて選択される全ての基板材料に適用可能なものであり、汎用性に優れている。

【0059】尚、上記実施例では、グレーティング周期 L_7 、 L_8 を共に等しくし、電極指幅 L_5 または L_6 の一方のみを変更するようにしているが、 $L_5 < L_6$ を満足させる条件の下で電極指幅 L_5 及び L_6 の両方を変更させるようにしても良い。弾性表面波デバイス11においては、電極指幅 L_5 、 L_6 とグレーティング周期 L_7 、 L_8 の比率 L_5/L_7 、 L_6/L_8 が大きな値となる程、質量負荷効果が大きくなり、それぞれの部分（すだれ状駆動電極12、反射器13）で弾性表面波の伝播速度が遅くなる。このため、 $L_5/L_7 < L_6/L_8$ の関係を満たすように電極指幅 L_5 、 L_6 等を変更することにより、反射器13側での質量付加効果をすだれ状駆動電極12側よりも高めて、各部間の弾性表面波の周波数差 Df （比率 Dfr ）がより大きくなるように調整することができる。次に、第2の実施例について説明する。図2は、第2の実施例による弾性表面波デバイス（共振器）の模式的な表面外観図である。この第2の実施例は、図1に示す上述した第1の実施例と基本的に同様な構成なので、以下の説明では図1で用いた符号をそのまま用いることとする。

【0060】図2において、グレーティング周期 L_7 とグレーティング周期 L_8 は等しく、また、すだれ状駆動

電極12と反射器13は材質並びに膜厚 h が等しくなっている。このような構成の第2の実施例において、電極指幅 L_6 を変えてその周波数特性を調べる各種の実験を行った結果を以下に説明する。この実験では、圧電性単結晶基板11には LiTaO_3 を、すだれ状駆動電極12と反射器13には銅を混入したアルミニウムを用いた。

【0061】ここで、反射器13のグレーティング周期 L_8 からその電極指幅 L_6 を引いて得られる、反射器13の電極指間の間隔をスペース S_1 と定義する。そして、電極指幅 L_6 と該スペース S_1 の比率、即ち $L_6/(L_8-L_6)$ を、以降、 L/S 比と記載する。また、すだれ状駆動電極12に対しても同様にして L/S 比を定義する。

【0062】図3は、反射器13の L/S 比を1としたときの周波数特性を示す図であり、同様に、図4は、 L/S 比を1.3としたときの周波数特性、図5は、 L/S 比を0.7としたときの周波数特性を示している。従って、図3は従来の弾性表面波デバイス1に相当し、図4は上述した第1の実施例に相当し、図5が第2の実施例に相当する。また、図3～図5において、縦軸及び横軸のスケールは等しくなっており、その中心周波数 f_0 は約350MHzである。

【0063】図3と図4を対比すると、図4では通過帯域の高い周波数領域で周波数特性が特に改善されているのが分かる。一方、図3と図5を対比すると、図4のときと同様に、図5でも通過帯域の高い周波数領域で周波数特性が特に改善されているのが分かる。

【0064】このように、第2の実施例では、電極指幅 L_6 をスペース S_1 よりも狭く、即ち L/S 比を1よりも小さくすることにより、周波数特性を改善することができる。これは、質量付加効果等の影響により、反射器13において弾性表面波からSSBWへのモード変換、即ちスピアスの発生が抑えられ、また、SSBW自体の反射が抑えられるためである。

【0065】これにより、反射器13におけるSSBWの反射係数を減少させることができ、反射器13の電極指の膜厚 h を厚くすることなくSSBWの影響を低減し、スピアスの発生を抑えることが可能となる。このため、従来の弾性表面波デバイス1よりも各部12、13の電極の膜厚 h を薄くすることができる。このように各部12、13の電極の膜厚 h を薄くすることができる結果、電極膜の膜厚 h やその形状のバラツキを抑えることができ、該電極の膜の信頼性及び安定性を向上させることができる。このため、共振器としての特性に優れたデバイスを得ることができる。また、デバイス製造時においては、電極の膜の形成、エッチング等に要する作業時間を短縮することができるので、製造スループットが向上する。

【0066】また、さらに、従来の弾性表面波デバイス

1では、弾性表面波とSSBWの伝播速度に必要な差をもたせるために、 h/λ の値として7パーセント程度が必要となっていた。しかし、このように電極指幅 L_6 を狭くすることで、SSBWの発生、及びその影響が低減されることから、デバイスとしての性能を落とすことなく、 h/λ の値を3パーセント程度まで小さくすることが可能となる。例えば、従来、 $1\mu\text{m}$ としていた電極の膜厚 h を $0.5\mu\text{m}$ としても良好な性能を得ることが実験により確認できた。これにより、電極の膜の厚さやその形状のバラツキは小さくなり、該電極の形成に要する作業時間は従来に比べ約1/3に短縮できた。

【0067】ここで、上記第2の実施例では、反射器13の L/S 比を1よりも小さくすることによりSSBW、すなわちスピアスの発生を抑止しているが、これは主に反射器13で発生する弾性表面波からSSBWへのモード変換を抑圧するようとしているためである。また、反射器13だけでなく、すだれ状駆動電極12の L/S 比も変更することにより上記以上の効果を得ることができる。すだれ状駆動電極12の電極指幅 L_5 と反射器13の電極指幅 L_6 の比 α の値としては、 $0.2 \leq \alpha < 1.0$ とする範囲において特に望ましい実験結果が得られている。

【0068】次に、本発明の第3の実施例について説明する。この第3の実施例は、1つの圧電性単結晶基板上に上述した弾性表面波デバイス10を共振子としてラダー形に接続した弾性表面波フィルタである。

【0069】図6は、該弾性表面波フィルタの構成を示す図である。図中、SRは直列共振子、Pは並列共振子であり、1つの直列共振子SRと1つの並列共振子PをL字型に組み合わせた基本回路であるセクションSCがカスケード接続されている。入力端子I1、I2から入力された信号は、複数のセクションSCを通過して出力端子O1、O2から取り出される。

【0070】図6に示す、ラダー形に接続された直列共振子SR、及び並列共振子Pの各々において、その反射器13の L/S 比を変化させてフィルタの特性を測定した実験結果を、以下に説明する。

【0071】第3の実施例における共通の条件は、直列共振子SRの容量 C_S と並列共振子Pの容量 C_P の比を40 0.6 (= C_P/C_S)、グレーティング周期 L_6 、 L_8 は直列共振子SRが $2.725\mu\text{m}$ 、並列共振子Pが $2.80\mu\text{m}$ 、すだれ状駆動電極12の対数は直列共振子SRが40、並列共振子Pが80、開口長は直列共振子SRが $85\mu\text{m}$ 、並列共振子Pが $51\mu\text{m}$ 、反射器13の対数は直列共振子SRと並列共振子Pはともに100である。一方、圧電性単結晶基板11は LiTaO_3 、すだれ状駆動電極12と反射器13は銅を混入したアルミニウムであり、また、 h/λ は7パーセントである。

【0072】上記の条件の下で、ケース1はすだれ状駆

動電極12及び反射器13のL/S比を1に一定としたものであり、従来の弾性表面波デバイス1に相当する。ケース2はケース1をベースとして、反射器13のL/S比をすだれ状駆動電極12側から20対数毎に0.563、0.538、0.515、0.493、0.471と段階的に変更したものであり、ケース3もケース1をベースとして、反射器13のL/S比をすだれ状駆動電極12側から20対数毎に0.471、0.493、0.515、0.538、0.563と段階的に変更したものである。これらケース1～3の実験結果は図7～図9に各々示す。

【0073】図10は、各ケース1～3のフィルタ（周波数）特性を示す図であり、角型比、帯域内最大VSWR（電圧定在波比）値、帯域内における損失（挿入損失）、1.5dB帯域幅のフィルタの4つの主要な特性を対比したものである。

【0074】ここで、上記の角型比の算出方法について説明する。図11は、角型比の算出方法を示す説明図である。図中、△G1、△G2は減衰量幅であり、減衰量幅△G1はピーク値と通過帯域の最小値との差、減衰量幅△G2はピーク値と必要減衰量値との差である。また、f1は低域側阻止域の最大周波数値、f2は通過帯域の最小周波数値、f3は通過帯域の最大周波数値、f4は高域側阻止域の最小周波数値である。

【0075】図11において、角型比をHとすると、この角型比Hは次のようにして算出される。

$$H = (\text{高域側阻止域の最小周波数値} - \text{低域側阻止域の最大周波数値}) / (\text{通過帯域の最大周波数値} - \text{通過帯域の最小周波数値})$$

$$= (f_4 - f_1) / (f_3 - f_2)$$

第3の実施例では、上記のように算出される角型比において、△G1を1.5dB、△G2を21.5dBとして算出したものである。

【0076】図10に示す如く、ケース1と対比すると、ケース2と3は共に損失と帯域内最大VSWR値は僅かながら悪化しているが、これは実用上、無視できる範囲内に納まっている。しかし、1.5dB帯域幅、及び角型比は、ケース1よりも大きく改善されている。これらの特性は、フィルタの性能を評価するうえで重要なファクタであることから、ケース2及び3のようにL/S比を変化させることによってフィルタとしての性能が向上したことがわかる。

【0077】一方、ケース2とケース3とを対比すると、1.5dB帯域幅、及び角型比とともにケース3のほうが僅かながら良好な結果となっている。このことから、上記のラダー形フィルタにおいては、ケース3のように、反射器13のL/S比をすだれ状駆動電極12側からその反対側に向かってしだいに大きくなるように変化させることができ、フィルタ性能の向上に効果的であることがわかる。

【0078】弾性表面波デバイスは、中心周波数 f_0 を高くでき、また、帯域幅も広くすることができる等の利点がある。このため、デジタル方式の移動体通信機器、VCO（電圧制御発振器）等におけるフィルタ、共振子などに広く使用されるようになっている。従って、本発明は、これらの機器の性能向上に大きく寄与することができる。

【0079】

【発明の効果】以上、説明したように本発明によれば、すだれ状駆動電極のグレーティング周期と反射器のグレーティング周期を等しくしたままで、すだれ状駆動電極の電極指幅と反射器の電極指幅に差をもたせることにより、すだれ状駆動電極と反射器での弾性表面波の周波数差を適切な値に調節するため、すだれ状駆動電極と反射器の間における弾性表面波の周波数差を容易に適切な値に調節することができる。

【0080】また、本発明によれば、すだれ状駆動電極のグレーティング周期L7と反射器のグレーティング周期L8を等しくしたままで、反射器のみ、または反射器とすだれ状駆動電極の電極指幅を変化させるため、反射器において弾性表面波からSSBモードへモード変換を抑制することができるとともに、SSBモードの反射係数等を減少させることができる。

【0081】以上の結果、本発明は、スプリアスの発生やバルク波放射の増大を極力抑えつつ、デバイスのエネルギーの封じ込め効率を向上できるので、共振器やフィルタとしてのデバイス特性を向上させることができる。

【0082】また、スプリアスの発生やバルク波放射の増大を極力抑えられることから、デバイスの性能を低下させることなく、すだれ状駆動電極、反射器の各電極の膜厚を薄くすることができるため、膜の信頼性や安定性の向上、膜厚や電極の形状のバラツキの低減、電極の形成に要する作業時間の短縮等の効果が得られる。

【0083】このような効果を有する弾性表面波デバイスを直列共振子及び並列共振子として用いて圧電性単結晶基板上にフィルタを形成することにより、小型で低損失、高性能なフィルタを作製することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1の実施例である弾性表面波デバイスの外観図である。

【図2】本発明の第2の実施例である弾性表面波デバイスの外観図である。

【図3】第2の実施例と対比するための従来の弾性表面波デバイス（L/S比=1）の周波数特性を示す図である。

【図4】上記第2の実施例においてL/S比を1.3としたときの周波数特性を示す図である。

【図5】上記第2の実施例においてL/S比を0.7としたときの周波数特性を示す図である。

【図6】本発明の第3の実施例である上記第2の実施例を直列及び並列共振子に用いたラダー形フィルタの構成例を示す回路図である。

【図7】第3の実施例と対比するための従来の弾性表面波デバイス(ケース1)の周波数特性を示す図である。

【図8】上記第3の実施例におけるケース2の形態の周波数特性を示す図である。

【図9】上記第3の実施例におけるケース3の形態の周波数特性を示す図である。

【図10】上記ケース1～3におけるフィルタ特性を表す各種の主要なパラメータ値を示すグラフである。

【図11】角型比の算出方法の説明図である。

【図12】従来の弾性表面波デバイスの外観図である。

【図13】弾性表面波デバイスの共振特性を示す説明図

である。

【符号の説明】

10 弾性表面波共振器

11 圧電性単結晶基板

12 すだれ状駆動電極

12a、12b 楔形駆動電極

13 反射器

L5 楔形駆動電極の電極指幅

L6 反射器の電極指幅

L7 すだれ状駆動電極のグレーティング周期

L8 反射器のグレーティング周期

SR 直列共振子

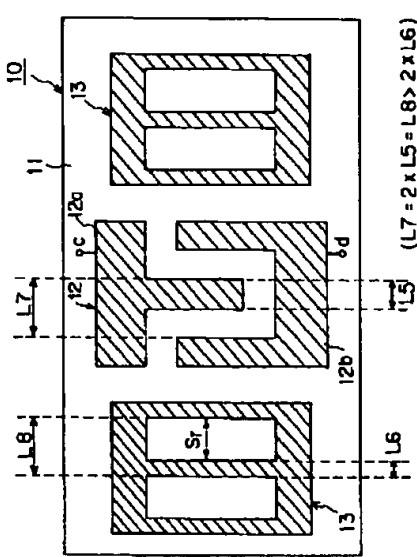
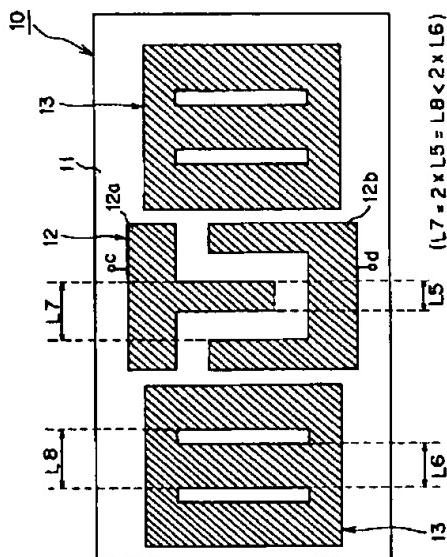
P 並列共振子

【図1】

オ1の実施例による表面弾性波デバイスの外観図

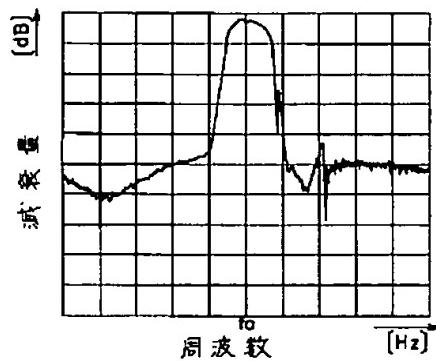
【図2】

オ2の実施例による表面弾性波デバイスの外観図



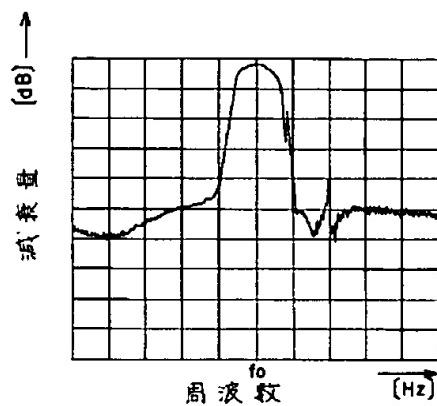
【図3】

第2の実施例と対比するための従来の弾性表面波デバイス(L/S比=1)の周波数特性を示す図



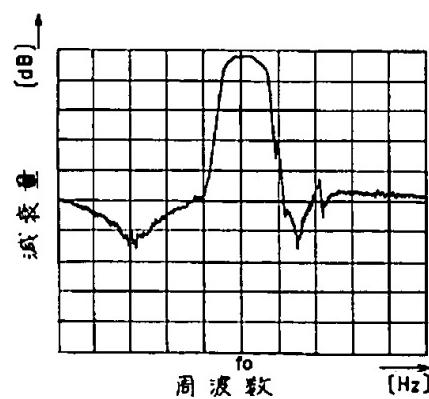
【図4】

第2の実施例においてL/S比を1.3としたときの周波数特性を示す図



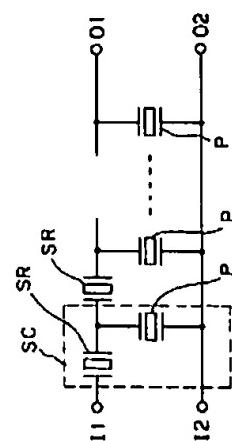
【図5】

第2の実施例においてL/S比を0.7としたときの周波数特性を示す図



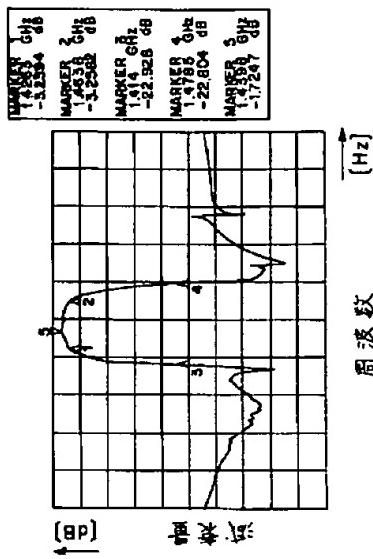
【図6】

第3の実施例である弾性表面波フィルタの構成を示す図



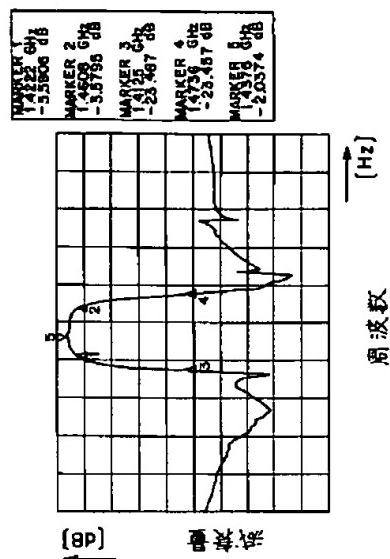
【図7】

第3の実施例と対比するための従来の弾性表面波
デバイス(ケース1)の周波数特性を示す図



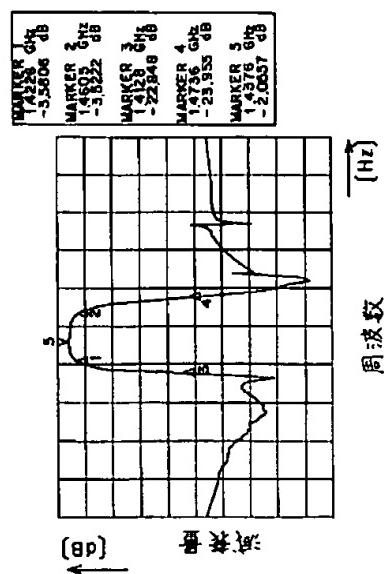
【図8】

第3の実施例による
ケース2の周波数特性を示す図



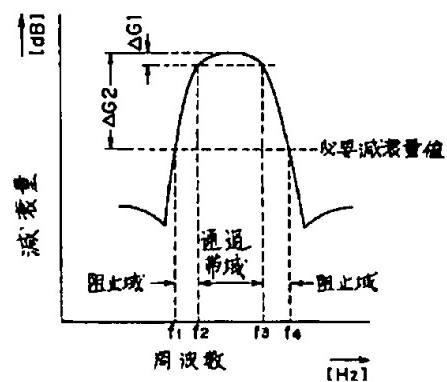
【図9】

第3の実施例による
ケース3の周波数特性を示す図



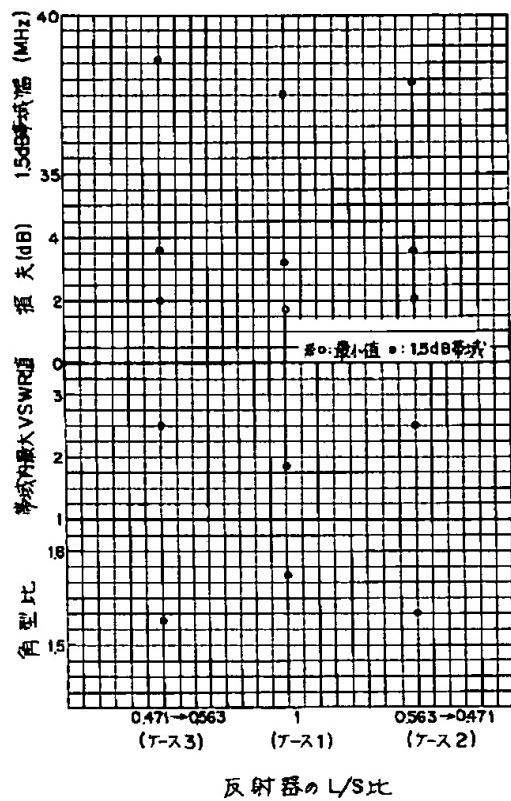
【図11】

角型比の算出方法を示す説明図



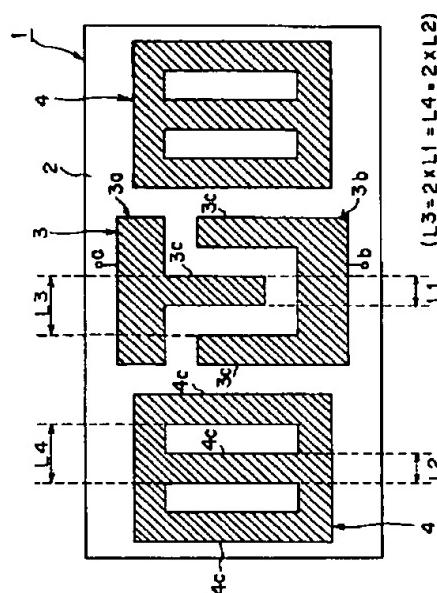
【図10】

ケース1~3における周波数特性を表す
各種の主要なパラメータ値を示すグラフ



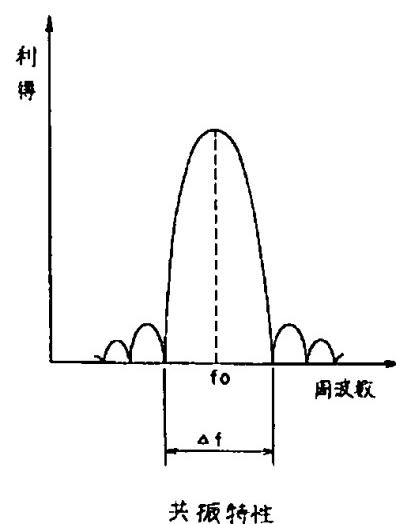
【図12】

従来の表面弾性波デバイスの外観図



【図13】

弹性表面波デバイスの共振特性を示す説明図



フロントページの続き

(72)発明者 伊形 理
神奈川県川崎市中原区上小田中1015番地
富士通株式会社内